

次世代型ダンパーを用いた長周期地震動対応戸建て免震システム
その2 性能可変ダンパーの性能試験結果とモデル化による応答解析

正会員 ○飯田秀年*¹ 同 花井 勉*²
同 飯場正紀*³ 同 皆川隆之*¹

オイルダンパー 性能可変 戸建て免震システム
長周期地震動 やや長周期パルス

1. はじめに

その2では試作された性能可変ダンパーの性能試験結果を考察し、実機を想定してその性能を解析用にモデル化する。次に戸建て免震システムにこの装置を組み込んだ場合の応答をパラメトリックスタディし、標準的な戸建て免震住宅が大きな損傷に至らないための入力地震動と必要な本ダンパー性能の関係について考察する。

2. 性能可変ダンパー性能試験

2.1 性能試験概要

その1で設計した装置を試作し性能試験を行なった(試験場所:職業能力開発総合大学校 建築システム工学科)。試験機性能の関係で今回は減衰性能が変化速度を50→15cm/sとしている。また、通常状態での減衰係数としてC1=2,20kN・s/mの2種類を試した。試験は加振ストロークを100mmとし、正弦波の振動数を段階的に変化させて各速度での挙動を確認する。

2.2 性能試験結果

図1には加振途中で緊急回路に切り替わった加振での応答履歴例を示す。変位履歴Q-Dの初期ループにおいて第4象限に向かう原点付近で速度が大きくなり急激に減衰力が高まっているのが分かる。また、その後は高い減衰力を保持したまま加振を終えている。試験全体を通じて以下の知見を得た。

- 1)回路が切り替わる速度に若干のばらつきはあるが、設計通り低速度での低い減衰力から高速度で高い減衰力に切り替わる
- 2)加振終了数分後の次の加振では通常回路に戻っている
- 3)高減衰になった後、速度の正負切り替わり付近において、切り替わり荷重の立ち上がりが遅れる現象(Q-V原点付近)が出ている。これはオイル(粘性体)の弾性的

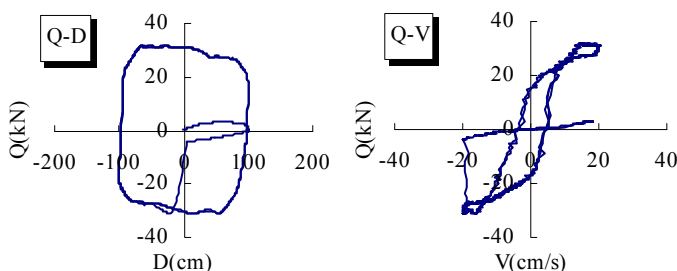


図1 性能可変ダンパーの設計性能

な性能が現れたものと推測されるが、荷重変形履歴(Q-D)には大きな影響は出していない

3. 性能可変ダンパーを組み込んだ免震住宅応答

3.1 性能可変ダンパーのモデル化

性能試験結果より実機想定で図2のように設計用解析モデルを構築する。

- 1)ダンパー履歴は図に示すF-V曲線(絶対値)上を移動する。
- 2)装置特性より、F2=30kN, V3=100cm/s(保証値)、V4=5cm/s, C2=4.5kN・s/cm, C3=0.125kN・s/cm, C4=C2を設定。その他の特性値は3.2のパラメータより設定する。
- 3)P2点を越えるまでは、①-②間を移動する。
- 4)P2点を越えた後は、③-④間を移動する。

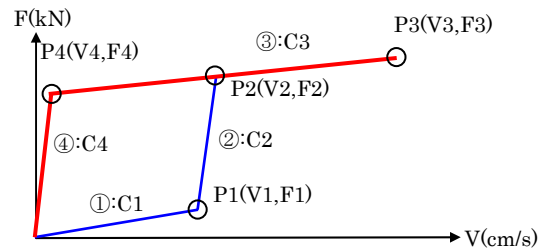


図2 性能可変ダンパーのモデル化

3.2 パラメータスタディ

戸建て免震住宅にとって最適な本ダンパーの設定を得るためパラメトリックスタディを行なう。変数は、減衰性能を変化させる速度V1、その時の減衰力F1、および免震層支持荷重とダンパーの減衰力F2の比(以下、装置数)である(表1)。また、免震層の減衰力が大きくなることによる上部架構の応答への影響を見るため、文献¹⁾と同様に2階建て戸建て住宅として長めの固有周期を持つ鉄鋼系トリリニア型(以下、S造)と、一般的な木造住宅を想定したバイリニア+スリップ型(以下、木造)の上部架構特性を設定し、これに免震層を含めた3質点で応答解析を行う。尚、各階階高はH=2.7m、質点質量比は免震層、2層、R層を1:1:0.6としている。

表1 解析パラメータ

速度(cm/s)	V1=40,50 V2=V1+5 V3=100 V4=5
減衰力 F(kN)	F2=30 F1=F2/30, F2/3
C(kNs/cm)	C1=F1/V1, C2=4.5, C3=0.125, C4=C2
装置数	F4=F2-C3·(V2-V4) F3=F2+C3·(V3-V2)
	0.1W / F2, 0.2W / F2, 0.3W / F2
	W:免震層が支持する重量

3.3 応答結果

代表的な応答履歴として S 造で入力波：Takatori_NS パラメータ： $F1=F2/30$ 、 $V1=40\text{cm/s}$ 時の免震層と 1 階の解析結果を図 3 に示す。装置数が $0.1W/F2$ では免震層の変位は限界変位を超えるが、装置数を増やすほど免震応答変位は減少する。ただし、その代わりに 1 階の応答変位は増加し、装置数 $0.3W/F2$ の場合は 1 階の安全限界変位 ($H/30=9\text{cm}$) を超える結果となる。

本ダンパーを組み込まない状態で、最も免震層変位が大きかった免震システムと地震波の組み合わせのケースでの各階応答を図 4（観測波：すべり系 + Kashiwazaki-NIG018-NS $D=95.7\text{cm}$ ）、図 5（予測地震波：転がり系 + TOKTON-CHU-SAN-EW $D=31.4\text{cm}$ ）に示す。図中実線は $V1=50\text{cm/s}$ 、点線は $V1=40\text{cm/s}$ 時における結果である。結果を以下に考察する

- 1) 予測地震波では本ダンパーがなくても免震層は限界変位以内であるが、本ダンパーがあることで応答変位は減少し、通常回路の減衰力を大きくとると ($F1=1/3 \cdot F2$) 10cm から 20cm 近く応答変位を減少できる
- 2) Tomakomai 以外の観測波においては、本ダンパーがないと免震層の限界変位を大きく超える結果であったが、装置数を $0.2 \sim 0.3W/F2$ 入れることで全ての波が限界変位以内となる
- 3) ただし、S 造は上部架構の降伏せん断力が高くないため、装置数を $0.3W/F2$ とした場合に 1 階の層間変位が安全限界変位を超えることがある。木造の場合は上部架構の降伏せん断力が S 造よりも高いため、今回の解析の範囲では安全限界変位を超えていない
- 4) 性能が変化する速度 $V1$ は 40cm/s でも 50cm/s でもほとんど差がない

4. まとめ

戸建て免震住宅の免震層に設置するパッシブ型の速度感知性能可変オイルダンパーを開発し、装置試験よりその性能を、モデル解析よりその応答抑制効果を確認した。この装置を設置することで想定内の地震動に対しては通常の免震挙動でありながら、一般的な戸建て免震システムが想定していなかった長周期地震動等の地震動に対しても、免震層、上部架構共に大きな損傷に至らない範囲に応答を抑制することが可能であることが分かった。

謝辞

本開発は国土交通省平成 21 年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業に採択されたものである。共同開発者 鎮目武治氏、近藤信雄氏、並びに試験に協力頂いた職業能力開発総合大学校 鈴木秀三教授、学生の方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中田信治、花井 勉、飯場正紀、他：変位抑制部材を有する戸建て免震住宅の地震時安全性について その 1,2、日本建築学会大会

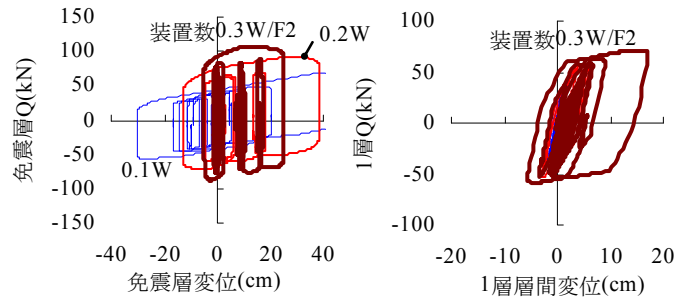


図 3 応答履歴例

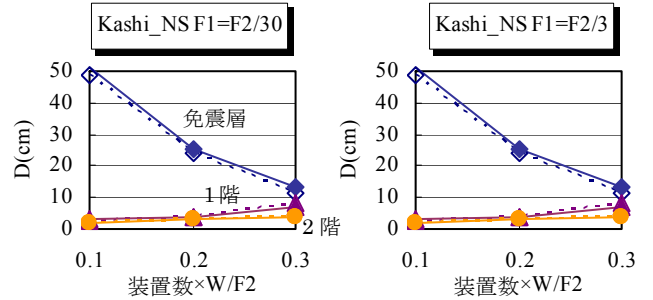


図 4 観測波各階応答変位例 (S 造)

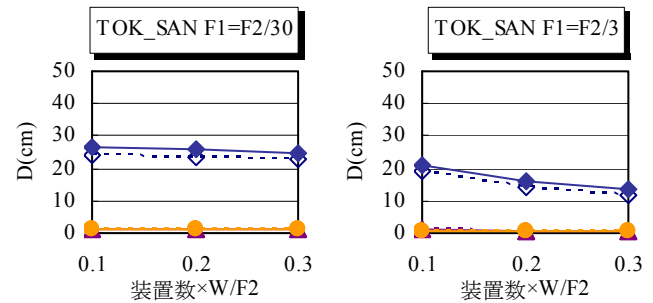


図 5 予測地震波各階応答変位例 (S 造)

- 1) 学術講演梗概集、B2、pp.1001-1004、2007.8
- 2) 田部井直哉、堀 則男、他：性能可変オイルダンパーの開発および免震構造物への適応例、日本建築学会構造系論文集、No.636、P.259、2009.2
- 3) 栗野治彦、他：エネルギー吸収効率に着目した ON/OFF 型パッシブオイルダンパー その 1,2、日本建築学会大会学術講演梗概集、B2、pp.67-70、2004.8
- 4) 栗野治彦、他：減衰係数切替型セミアクティブオイルダンパーを適用した超高層建物の地震・風観測記録、日本建築学会大会学術講演梗概集、B2、pp.37-38、2004.8
- 5) 渡壁守正、井上波彦、他：多自由度系免震構造物に適用した MR ダンパーによるセミアクティブ (GS) 制御性能、日本建築学会構造系論文集、No.628、P.875、2008.6
- 6) 日本建築学会地震動小委員会：「各種波形予測手法に基づいた海溝型巨大地震の予測強震動波形収集資料」、2007.12
- 7) 中村豊、他：1995 年兵庫県南部地震の地震動記録波形と分析 (II)、JR 地震情報 No.23d、(財)鉄道総合技術研究所ユレダス開発推進部、1996 年 3 月 (使用データは JR 警報地震計鷹取駅 FD シリアル番号 R-004 による)
- 8) 大阪ガス
- 9) 防災科学技術研究所：強震観測網、<http://www.kyousin.bousai.go.jp>
- 10) 国土交通省気象庁：気象統計情報、<http://www.seisvol.kishou.go.jp>

*1 えびす建築研究所 博士(工学)

*2 えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)

*3 建築研究所

*1 Ebisu Building Laboratory Co.,

*2 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

*3 Director, Building Research Institute, Dr. Eng.